



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ,
ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ**

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(21)(22) Заявка: **2009108859/02, 10.03.2009**

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:
10.03.2009

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: **10.03.2009**

(43) Дата публикации заявки: **20.09.2010** Бюл. № 26

(45) Опубликовано: **27.09.2011** Бюл. № 27

(56) Список документов, цитированных в отчете о
поиске: **RU 2203327 C2, 27.04.2003. SU 1361178**
A1, 23.12.1987. SU 441288 A1, 30.08.1974. SU
633904 A1, 25.11.1978. RU 78798 U1, 10.12.2008.

Адрес для переписки:

**620002, г.Екатеринбург, ул. Мира, 19, УрФУ ,
Центр интеллектуальной собственности, Т.В.
Маркс**

(72) Автор(ы):

**Лисиенко Владимир Георгиевич (RU),
Засухин Анатолий Леонтьевич (RU),
Маликов Герман Константинович (RU),
Кирсанов Владимир Андреевич (RU),
Булатов Константин Валерьевич (RU)**

(73) Патентообладатель(и):

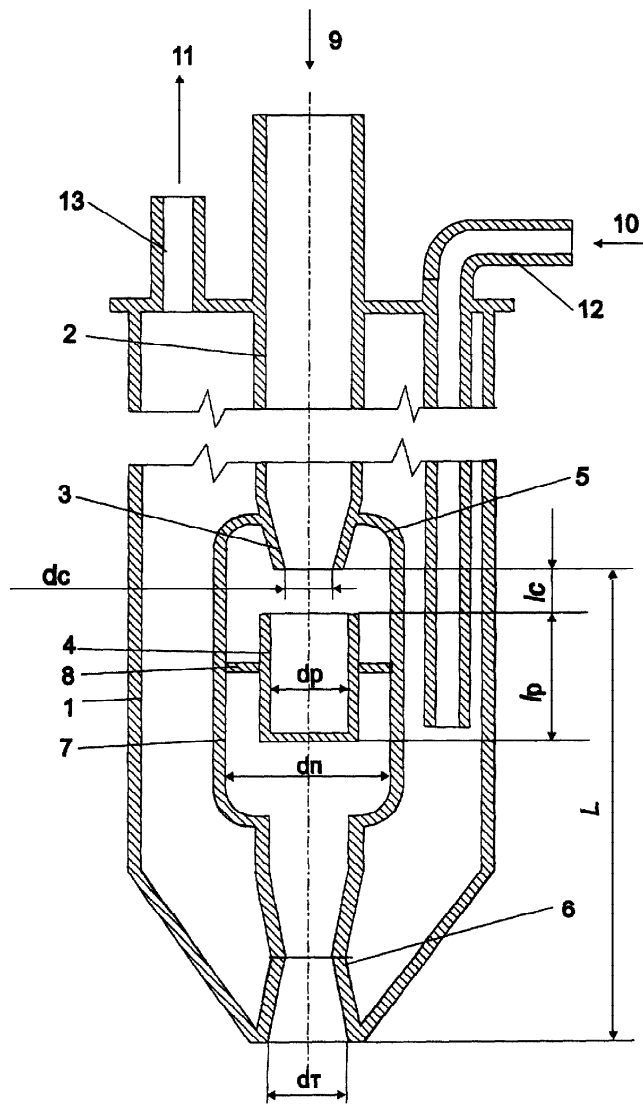
**Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего
профессионального образования
"Уральский федеральный университет имени
первого Президента России Б.Н. Ельцина"
(RU)**

**(54) ФУРМА ДЛЯ ПОДАЧИ АКУСТИЧЕСКИ ВОЗБУЖДЕННЫХ ГАЗОВЫХ СТРУЙ В
РАБОЧЕЕ ПРОСТРАНСТВО ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ АГРЕГАТОВ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области энерготехнологий и может быть использовано для осаждения пыли из газовых потоков и интенсификации тепломассообменных процессов и процессов горения в энерготехнологических агрегатах. Фурма содержит корпус с водяным охлаждением и сопло фурмы для выхода озвученного газа. Внутри фурмы на одной оси с ней расположен газовый струйный акустический излучатель,

состоящий из сопла, резонатора и рефлектора. Расстояние от торца резонатора до выходного сечения сопла фурмы составляет 4-5 диаметров резонатора. Выходное сечение сопла фурмы имеет различную ориентировку относительно ее продольной оси в диапазоне угла 0-45° между осью фурмы и осью ее сопла. Использование изобретения обеспечивает уменьшение габаритов и стоимости фурмы и снижение требуемых расходов газовой среды на создание звуковых колебаний. 2 ил.



Фиг. 1



FEDERAL SERVICE
FOR INTELLECTUAL PROPERTY,
PATENTS AND TRADEMARKS

(12) ABSTRACT OF INVENTION(21)(22) Application: **2009108859/02, 10.03.2009**(24) Effective date for property rights:
10.03.2009

Priority:

(22) Date of filing: **10.03.2009**(43) Application published: **20.09.2010 Bull. 26**(45) Date of publication: **27.09.2011 Bull. 27**

Mail address:

**620002, g.Ekaterinburg, ul. Mira, 19, UrFU ,
Tsentr intellektual'noj sobstvennosti, T.V. Marks**

(72) Inventor(s):

**Lisienko Vladimir Georgievich (RU),
Zasukhin Anatolij Leont'evich (RU),
Malikov German Konstantinovich (RU),
Kirsanov Vladimir Andreevich (RU),
Bulatov Konstantin Valer'evich (RU)**

(73) Proprietor(s):

**Federal'noe gosudarstvennoe avtonomnoe
obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego
professional'nogo obrazovaniya "Ural'skij
federal'nyj universitet imeni pervogo Prezidenta
Rossii B.N. El'tsina" (RU)**

(54) TUYERE FOR SUPPLY OF ACOUSTICALLY EXCITED GAS JETS TO WORKING SPACE OF POWER TECHNOLOGICAL UNITS

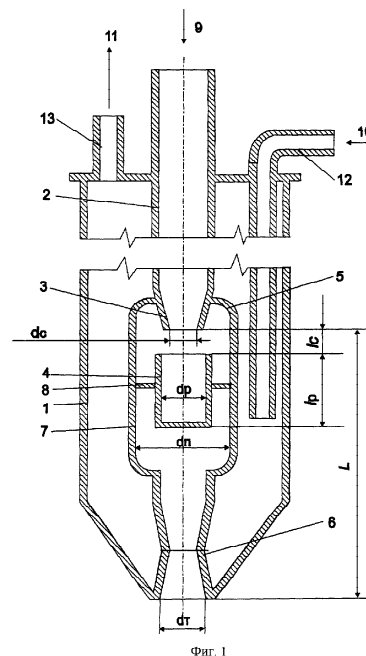
(57) Abstract:

FIELD: power industry.

SUBSTANCE: tuyere includes housing with water cooling and outlet nozzle of tuyere for acoustically excited gas. Inside the tuyere on one axis with it there located is gas jet acoustic radiator consisting of nozzle, resonator and reflector. Distance from the end of resonator to nozzle exit section of tuyere is 4-5 diameters of resonator. Nozzle exit section of tuyere has different orientation relative to its longitudinal axis within the angle range of 0-45° between axis of tuyere and axis of its nozzle.

EFFECT: decreasing overall dimensions and cost of tuyere, and reducing the required gas medium flow rates for creation of sound oscillations.

2 dwg



Изобретение относится к области энерготехнологий и может быть использовано для осаждения пыли из газовых потоков и интенсификации тепломассообменных процессов и процессов горения в энерготехнологических агрегатах.

Известна конструкция фурмы для подачи акустически возбужденных газовых струй в рабочее пространство плавильных печей [1]. В этой фурме установлен газоструйный излучатель, имеющий сопло для выхода газа, резонатор и рефлектор, что обеспечивает создание звуковых акустических колебаний в исходящем в рабочее пространство газовом озвученном потоке. Однако недостатком конструкции является расположение оси, связывающей сопло и резонатор, перпендикулярно исходящему озвученному потоку газовой среды. Это приводит к усложнению конструкции излучателя, увеличению его габаритов, а главное к невозможности размещения резонатора вблизи выходного сечения сопел исходящего озвученного газа. При этом излучатель вынуждены выносить за пределы конструкции фурмы, создавать дополнительный газопроводящий тракт на пути от излучателя до выхода озвученного газа из сопла фурмы, что приводит к значительным потерям энергии звуковых колебаний в этих подводных газопроводах.

Технической задачей настоящего изобретения является снижение потерь энергии звуковых колебаний при вводе в рабочее пространство, уменьшение габаритов и стоимости фурмы и снижение требуемых расходов газовой среды на создание звуковых колебаний.

Технический результат предлагаемого изобретения достигается тем, что фурма для подачи акустически возбужденных газовых струй в рабочее пространство энерготехнологических агрегатов, включающая корпус с водяным охлаждением, газовый струйный акустический излучатель, состоящий из сопла, резонатора и рефлектора, подводный трубопровод и сопло фурмы для выхода озвученного газа, отличается тем, что газовый струйный акустический излучатель расположен внутри фурмы на одной оси с ней, а расстояние от торца резонатора до выходного сечения сопла фурмы составляет 4-5 диаметров резонатора, при этом выходное сечение сопла фурмы имеет различную ориентировку относительно ее продольной оси в диапазоне угла $0\div 45^\circ$ между осью фурмы и осью ее сопла.

Таким образом, основной особенностью предлагаемого устройства является максимальная приближенность газового струйного акустического излучателя (в дальнейшем акустического излучателя) к выходному соплу фурмы. Как известно, при движении в газопроводе потери акустической энергии вдоль газового тракта пропорциональны длине этого участка газопровода. При расположении акустического излучателя на входе в фурму, как это имеет место в аналоге [1], происходят значительные потери акустической энергии. Это снижает эффект воздействия акустических волн на процессы пылеосаждения, интенсификацию процессов тепломассообмена, приводит к необходимости увеличивать расходы рабочих газовых сред (компрессорного воздуха, кислорода и т.д.) для достижения соответствующего эффекта.

Расположение же оси акустического излучателя на одной оси с осью фурмы позволяет, с одной стороны, максимально приблизить излучатель к выходному сечению сопла фурмы, а с другой, обеспечивает лишь небольшое увеличение габаритов излучателя и соответственно фурмы. Конструктивно предлагаемое расположение излучателя обеспечивает возможность расположения торца резонатора на расстоянии $L_{\text{в}}=4-5$ диаметров резонатора $d_{\text{р}}$ от выходного сечения сопла фурмы, т.е. $L_{\text{в}}=(4-5)d_{\text{р}}$ (см. фиг.1, 2). При таком взаимном расположении излучателя и

выходного сечения сопла фурмы потери акустической энергии практически сводятся к нулю.

Выходное сечение сопла фурмы имеет различную ориентировку относительно продольной оси фурмы. Это зависит от расположения самой фурмы относительно поверхности, с которой взаимодействует струя, выходящая из сопла фурмы. Так, например, при расположении оси фурмы перпендикулярно поверхности (на своде печи) и задаче взаимодействия с потоком пыленесущего газа для осаждения пыли на поверхность ванны металла наилучший угол между осью фурмы и осью выходного сопла составляет $\alpha=45^\circ$ [2, 3]. При этом поток озвученного газа, истекающего из сопла фурмы, взаимодействует с потоком пыленесущего газа и одновременно обеспечивает осаждение коагулированных частиц пыли на поверхность ванны. При торцевом расположении фурмы ее лучшее взаимодействие с потоком газа обеспечивается при совпадении оси фурмы и сопла фурмы, т.е. при $\alpha=0$. Может быть обеспечено и промежуточное расположение оси выходного сопла - в пределах $\alpha=0-45^\circ$ между осью фурмы и осью ее сопла (см. фиг.1 и 2).

На фиг.1 и 2 представлено устройство фурмы для подачи акустически возбужденных газовых струй в рабочее пространство энерготехнологических агрегатов.

Оно включает водоохлаждаемый корпус 1, трубопровод для подачи рабочего газа (компрессорный воздух, кислород и др.), сопло 3, резонатор 4 и рефлектор 5 акустического излучателя, выходное сопло фурмы 6, корпус акустического излучателя 7, центровое устройство резонатора относительно корпуса акустического излучателя 8, подачу рабочего газа 9 и воды 10, отвод воды 11, патрубки для подачи воды 12 и отвода воды 13.

Устройство работает следующим образом. По трубопроводу 2 подается рабочий газ 9. Рабочий газ, истекая через сопло акустического излучателя 3, взаимодействует с резонатором 4, в результате чего формируется акустическое поле. Рефлектор 5 служит для обеспечения направленности звуковых волн вдоль оси акустического излучателя между внешним диаметром резонатора 4 и внутренним диаметром корпуса акустического излучателя 7. Далее акустически возбужденный газовый поток движется в направлении выходного сопла фурмы 6 и истекает из его выходного отверстия в рабочее пространство. Через трубопровод 12 и 13 осуществляется подвод 10 и отвод 11 воды, охлаждающей корпус 11 фурмы. Угол α между осью выходного сопла и сопла резонатора изменяется в пределах от 0° (фиг.1) до 45° (фиг.2).

В соответствии с рекомендациями [2] основные размеры устройства рассчитываются следующим образом.

Диаметр сопла акустического излучателя d_c определяется исходя из формулы [2-4]

$$G_r = K_r \frac{P_r \omega_c}{\sqrt{T_r}}, \quad (1)$$

где G_r - расход рабочего газа; K_r - коэффициент пропорциональности; P_r и T_r - давление и температура торможения газа; ω_c - площадь выходного сечения сопла резонатора.

Из формулы (1) получим

$$\omega_c = \frac{G_r \sqrt{T_r}}{K_r P_r}, \quad (2)$$

$$d_c = \sqrt{\frac{4 \omega_c}{\pi}}. \quad (3)$$

Площадь критического сечения выходного сопла 6 Лавалья принимается равной площади выходного сечения сопла резонатора. Диаметр выходного сечения сопла Лавалья принимается равным

$$d_r = 1,3 - 1,4 d_{кр}, \quad (4)$$

где $d_{кр} = d_c$ - диаметр критического сечения сопла Лавалья.

Диаметр резонатора принимается равным

$$d_p = 1,5 d_c. \quad (5)$$

Длина резонатора l_p определяется требуемой частотой акустических колебаний и вычисляется по формуле (6)

$$l_p = \left(\frac{43350}{f} \right)^{1,18} \quad (6)$$

Так как акустический газовый излучатель работает в основном в диапазоне частот 100-2000 Гц, то длина резонатора по формуле (6) может быть определена при средней частоте $\nu \approx 1000$ Гц.

Расстояние от выходного сечения сопла излучателя до входа в резонатор l_c определяется соотношением

$$l_c = \sqrt{\frac{R_p(d_p - d_c)}{2,6}} \quad (7)$$

Диаметр корпуса излучателя $d_{п}$ определяется из условия равенства площади проходного сечения между внешней поверхностью резонатора диаметром резонатора $d_{п}$ и внутренней поверхностью корпуса излучателя $\omega_{п}$ площади выходного сечения сопла излучателя ω_c , т.е. условием

$$\omega_{п} = \omega_c \quad (8)$$

Расход рабочего газа G_r в соответствии с рекомендациями [3] принимается равным

$$G_r = 0,1 \div 0,12 G_{пог},$$

где $G_{пог}$ - расход основного (несущего) газового потока в рабочем пространстве энерготехнологического агрегата.

Пример расчета конструкции фурмы с акустическим излучателем.

Расход несущего потока газовой среды $G_{пог} = 5000 \text{ м}^3/\text{ч}$.

Тогда расход рабочего газа - компрессорного воздуха $G_r = 0,1$

$$G_{пог} = 0,1 \cdot 5000 = 500 \text{ м}^3/4 \text{ (при н.у.)} = 0,139 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Давление рабочего газа $P_r = 0,4 \text{ МПа}$ (4 атм), температура $T_r = 243 \text{ К}$.

Для компрессорного воздуха величина $K_r = 0,0404 \text{ К}^{0,5} \text{ с/м}$ [4].

Тогда по формуле (2)

$$\omega_c = \frac{0,139 \cdot \sqrt{243}}{0,0404 \cdot 0,4} = 147,2 \text{ мм}^2$$

и

$$d_c = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot 147,2} = 13,7 \text{ мм}$$

Эта величина d_c равна диаметру критического сечения сопла Лавалья на выходе фурмы $d_c = d_{кр} = 13,7 \text{ мм}$.

Выходное сечение сопла Лавалья по формуле (4)

$$d_r = 1,3 d_{кр} = 1,3 \cdot 13,7 = 17,8 \text{ мм}$$

Диаметр резонатора по формуле (5)

$$d_p = 1,5 d_c = 1,5 \cdot 13,7 = 20,6 \text{ мм}$$

При частоте акустических колебаний $\nu = 2000$ Гц по формуле (6) длина резонатора

$$l_p = \left(\frac{43350}{1000} \right)^{1,18} = 85,4 \text{ мм}$$

Расстояние от выходного сечения сопла излучателя до входа в резонатор по формуле (7) при радиусе отражателя $R=20$ мм

$$l_c = \sqrt{\frac{20(20,6 - 13,7)}{2,6}} = 11,7 \text{ мм}$$

По формуле (8) площадь проходного сечения между внешней поверхностью резонатора и внутренней поверхностью корпуса излучателя

$$\omega_n = \omega_c = 147,2 \text{ мм}^2$$

Тогда при внешнем диаметре резонатора

$$d_{вн.р} = d_p + 4 = 20,6 + 4 = 24,6 \text{ мм}$$

получаем диаметр внутренней поверхности корпуса излучателя

$$d_n = \sqrt{\frac{3,14 \cdot d_{вн.р}^2}{4} + \omega_n} = \sqrt{\frac{3,14 \cdot 24,6^2}{4} + 147,2} = 44,1 \text{ мм}$$

Расстояние от торца резонатора до выходного сечения сопла L_v принимаем из конструктивных соображений

$$L_v = 5 d_{вн.р} = 5 \cdot 24,6 = 123 \text{ мм}$$

Тогда расстояние L от выходного сечения сопла акустического излучателя до выходного сечения фурмы

$$L = l_c + l_p + L_v = 11,7 + 85,4 + 123 = 220,1 \text{ мм}$$

При вертикальном расположении фурмы (перпендикулярно поверхности ванны) принимаем угол $\alpha = 45^\circ$.

При горизонтальном расположении фурмы (параллельно поверхности ванны) принимаем угол $\alpha = 0^\circ$.

При произвольном расположении фурмы, например, под углом 20° к поверхности ванны, угол α может быть принят также $\alpha = 20^\circ$.

ИСТОЧНИКИ ИНФОРМАЦИИ

1. Лисиенко В.Г., Воронов Г.В., Засухин А.Л. и др. Способ комбинированной струйно-акустической интенсификации теплообмена в рабочем пространстве промышленных печей. Патент на изобретение РФ №2203327. Бюл. №12, 22.04.2003.

2. Лисиенко В.Г., Щелоков Я.М., Ладыгичев М.Г. Плавильные агрегаты: теплотехника, управление и экология. Справочное издание в 4-х книгах. Кн. 2 / Под ред. В.Г.Лисиенко. - М.: Теплотехник, 2005. - 912 с.

3. Гущин С.Н., Лисиенко В.Г., Кутын В.Б. Моделирование и управление тепловой работой стекловаренных печей. - Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 1997. - 398 с.

4. Теплотехнические расчеты металлургических печей. Учебное пособие / Б.И.Китаев, Б.Ф. Зобнин, В.Ф.Ратников и др. / Под ред. А.С.Телегина. - М.: Металлургия, 1970. - 528 с.

Формула изобретения

Фурма для подачи акустически возбужденных газовых струй в рабочее пространство энерготехнологических агрегатов, включающая корпус с водяным охлаждением, газовый струйный акустический излучатель, состоящий из сопла, резонатора и рефлектора, подводящий трубопровод и сопло фурмы для выхода озвученного газа, отличающаяся тем, что газовый струйный акустический излучатель расположен внутри фурмы на одной оси с ней, а расстояние от торца резонатора до

выходного сечения сопла фурмы составляет 4-5 диаметров резонатора, при этом выходное сечение сопла фурмы имеет различную ориентировку относительно ее продольной оси в диапазоне угла $0\div 45^\circ$ между осью фурмы и осью ее сопла.

5

10

15

20

25

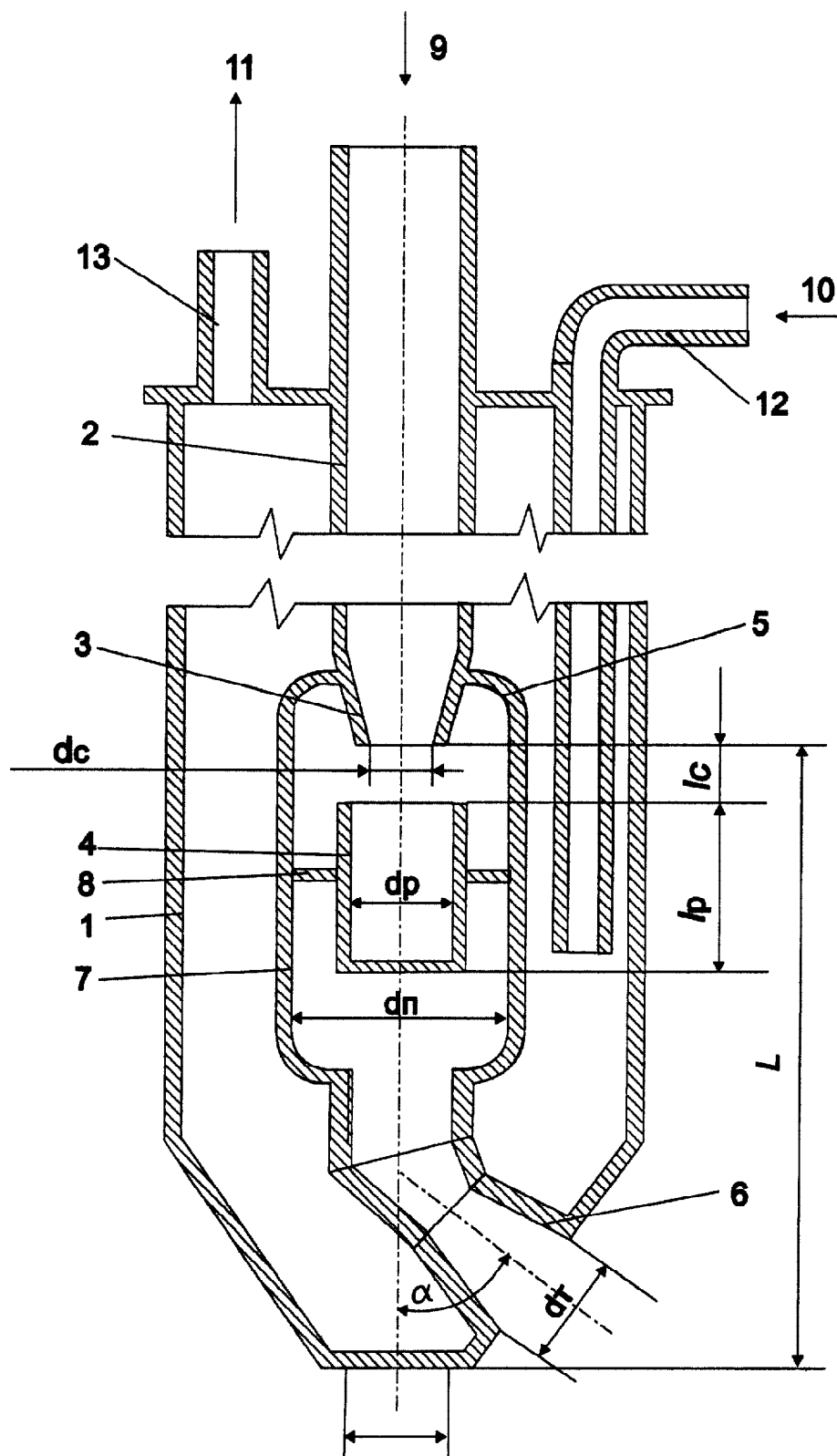
30

35

40

45

50



Фиг. 2



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ИЗВЕЩЕНИЯ К ПАТЕНТУ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ

ММ4А Досрочное прекращение действия патента из-за неуплаты в установленный срок пошлины за поддержание патента в силе

Дата прекращения действия патента: 11.03.2013

Дата публикации: 10.01.2014

RU 2 430 320 C2

RU 2 430 320 C2